

# 압전센서를 이용한 손상된 평철에서의 장거리 전파와 다양한 손상 검출

## Detection Of Long Distance Propagation And Various Damages Based On Piezoceramic For The Cracked Steel Flat iron

홍동표†· 이재완\*홍 용\*\*김동연\*\*유청환\*\*

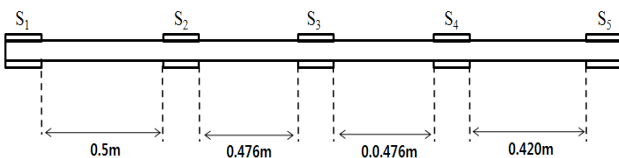
Dong Pyo Hong, Jae Wan Lee, Yong Hong, Dong Yeon Kim and Chung Hwan Yu

### 1. 서 론

토목건축 구조물은 그 규모가 크고 사람의 생활과 밀접한 관계를 지니고 있어 파괴시 경제적, 인명 손실이 높아 신뢰성과 안정성이 요구된다. 하지만 파괴를 막기 위한 손상을 조기 발견하기에는 아직 그 신뢰도가 사회적 요구에 미치지 못하고 있어 신뢰성이 있는 구조물 손상 모니터링 기술이 요구되고 있다. 이러한 사회적 요구로부터 본 논문에서는 손상평가를 위한 탐측자로서 적합한 재료중의 하나인 압전소자(PZT)를 이용한 유도초음파(ultrasonic guided wave) 계측방법을 이용하여 환경산업 분야, 건축분야, 기계분야, 등에 널리 사용되고 있는 산업자재중 하나인 평철에서의 장거리 전파와 다양한 손상검출에 대한 연구를 수행하였다.

### 2. 평철의 군속도 측정

일반적인 평철의 군속도를 측정하기 위해 다음과 같은 제원의 시편을 준비하였으며, Fig1과 같다.



제원이 1997x25x3mm(LxWxD) 인 일자형 평철의 양 끝단에 제원이 25x5x0.3(LxWxD) 인 PZT센서를 각각 앞/뒷면

† 홍동표; 전북대학교 기계시스템공학과  
E-mail : hongdp@jbnu.ac.kr  
Tel : (063) 270-2374, Fax : (063) 270-2374

\* 전북대학교 기계시스템공학과  
\*\* 전북대학교 기계시스템공학과

에 대칭이 되도록 붙이고 나머지 PZT 센서들을 임의의 위치에 앞/뒷면이 대칭이 되도록 붙였다. 가진신호는 sin8개의 신호를 Hamming Window를 씌운 Lamb Wave를 중심주파수 48KHz로 가진시킨 파형을 사용하였다. 가진센서의 위치는 ①번이고, 나머지 센서들에서 수신된 파형들의 파동전달시간(Time of flight)을 측정하여 분석을 수행하였다.

Table. 1. Measured data of each sensor

Sensor No.	Length (m)	TOF (μs)
2	0.5	100
3	1.001	202
4	1.502	303
5	1.947	392

위의 Table. 1에 의해 아래와 같은 그래프가 나타나며, 직선의 방정식을 이용하여 파의 전파속도를 산출할 수 있다. 이 속도가 바로 파의 그룹속도(Group velocity)이다.

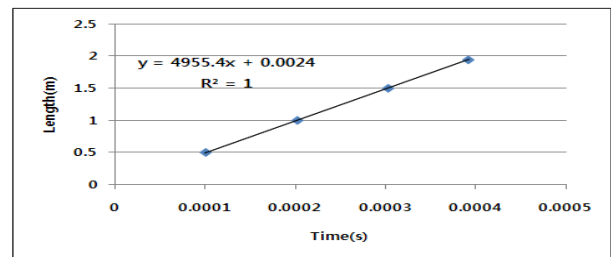


Fig. 1. Correlation between distance and TOF

직선의 방정식을 구하게 되면  $y = 4955.4x + 0.0024$  이므로, 직선의 기울기인 4955.4m/s가 평철에서의 그룹속도임을 알 수 있다.

### 3. 장거리 전파와 다양한 손상검출 실험

#### 3.1 평철에서의 장거리전파 검출

먼저, 손상전 건강상태에서 장거리 전파 신뢰성을 알아보기 위해 2.960m, 5m 에서의 전파 특성을 알아보았다.

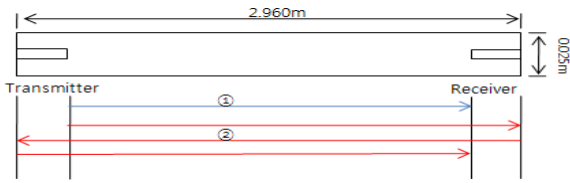


Fig. 3 Outline drawing of health condition

5m에서의 전파특성도 같은 방법으로 수행되어졌다. 그에 따른 전파특성들은 각각 다음 그림과 같다.

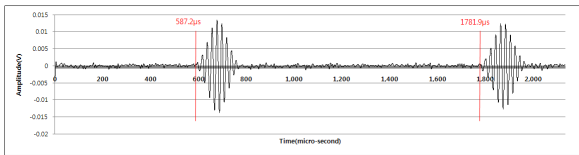


Fig. 4 Signal detection of 3m health condition

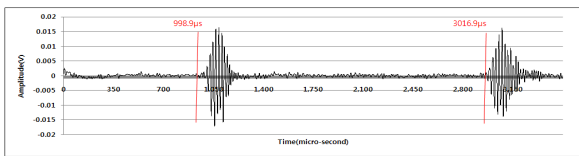


Fig. 5 Signal detection of 5m health condition

각각의 전파경로 Path1과 Path2의 거리와, 위에서 구하여진 그룹속도에 의해 파형이 도달하는 시간을 구할 수 있다. 그렇게 구하여진 시간과 실제 파형이 도달하는 시간을 비교한 결과 위의 그림들과 같이 2.960m와 5m에서의 신뢰성을 검증하였다.

### 3.2 평철에서의 손상 검출

다음은 위에서 설명한 두가지의 시편을 이용하여 일정한 지점에 임의의 일자형 손상을 변화시키면서 발생하는 현상을 연구하였다. 손상의 깊이는 각각 5mm, 10mm이다.

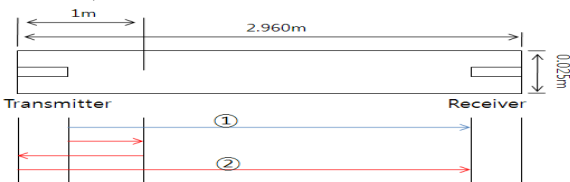


Fig. 6 Outline drawing of health condition

5m에서의 전파특성도 같은 방법으로 수행되어졌고, 왼쪽 끝단으로부터 crack까지의 거리는 1.5m이다.

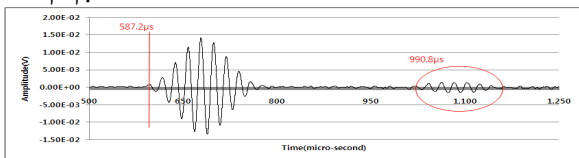


Fig. 7 Signal detection of 5mm damaged condition

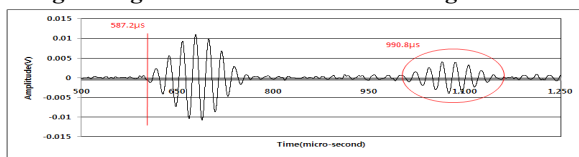


Fig. 8 Signal detection of 10mm damaged condition

Fig.7 과 Fig.8 은 2.960m에서의 손상상태 파형의 형태이다.

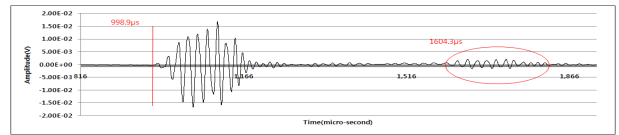


Fig. 9 Signal detection of 5mm damaged condition

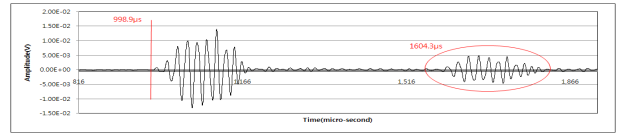


Fig. 10 Signal detection of 10mm damaged condition

Fig.9 와 Fig.10 은 5m에서의 손상상태 파형의 형태이다. 위의 파형형태로부터 정확한 손상 위치를 검출해 낼 수 있는 것을 알 수 있다.

## 4. 결 론

평철의 3m이상 장거리 전파에서도 일정한 거리에 손상을 내어 손상검출을 시도해본 결과 정확한 손상 위치를 검출할 수 있었다.

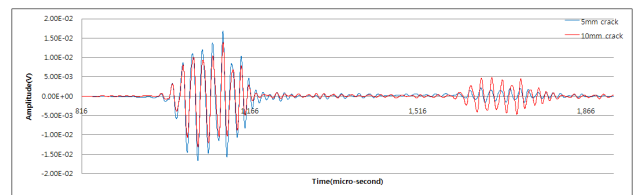


Fig. 11 The comparison of signal detection in 5mm and 10mm cracked condition

그리고 가진센서를 통하여 전파된 가진 신호가 수신센서에서 감지될 때 신호들의 형태를 보면 손상이 커짐에 따라 가진 신호의 크기가 작아짐을 확인할 수 있다. 이것은 손상에 의해 에너지가 분산되어 에너지양이 줄어들음을 의미한다. 또한 손상의 크기가 커짐에 따라 나타나는 신호의 형태를 보면 손상의 크기가 커짐에 따라 손상의 위치에서 반사되는 신호의 크기도 커지는 것을 확인할 수 있다. 이러한 특징들을 바탕으로 손상의 검출을 수행하고 데이터를 정량화 한다면 손상 검출 및 손상의 크기추정에 도움이 되고, 좋은 효과를 거둘 수 있을 것이다.

## 후 기

평철의 두께를 25로 한정지어서 했기 때문에 두께가 다른 종류들의 특성은 어떻게 나타날지 모르는 상태이다. 때문에 두께가 지금과는 다른 종류들의 실험이 추후에 이루어져야 할 것이다.